

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 01-240633

(43)Date of publication of application : 26.09.1989

(51)Int.Cl.

C22C 21/00

C22C 1/05

C22C 32/00

F02F 5/00

(21)Application number : 63-065257

(71)Applicant : SHOWA ALUM CORP

(22)Date of filing : 17.03.1988

(72)Inventor : MIURA TSUNEMASA

(54) ALUMINUM-BASED COMPOSITE MATERIAL, ITS MANUFACTURE AND PISTON

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain the subject composite material having excellent characteristics in heat-resistant strength, toughness, thermal expansion coefficient and wear resistance by mixing pure Al powder as a matrix and ceramic grains as reinforcing grains into composite powder and subjecting it to hot molding into the prescribed shape.

CONSTITUTION: Al powder as a matrix having $\geq 99.9\%$ purity and ceramic grains as reinforcing grains having $\geq 1,000\text{Hv}$ hardness, $\leq 10 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ thermal expansion coefficient, $3-0.1\mu$ average grain size and 5-20% volume rate are premixed by a mixer. The mixture is subjected to ball mill treatment by a ball mill to manufacture composite powder. The composite powder is packed into a compacting vessel made of Al in the atmosphere of an Ar gas, is subjected to vacuum degassing and is thereafter subjected to hot molding by a hot presser. By this method, the material having excellent heat-resistant strength, toughness, wear resistance and low thermal expansion coefficient in which ceramic grains as dispersion reinforcing grains are uniformly dispersed into the matrix of pure Al material can be obtd.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑫ 公開特許公報(A) 平1-240633

⑪ Int. Cl.

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成1年(1989)9月26日

C 22 C 21/00
1/05
32/00
F 02 F 5/00

Z-6813-4K
7619-4K
7047-4K
E-7708-3G
N-7708-3G

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全6頁)

⑭ 発明の名称 アルミニウム基複合材料及びその製造方法並びにピストン

⑯ 特 願 昭63-65257

⑰ 出 願 昭63(1988)3月17日

⑱ 発 明 者 三 浦 恒 正 大阪府堺市海山町6丁224番地 昭和アルミニウム株式会社内

⑲ 出 願 人 昭和アルミニウム株式 大阪府堺市海山町6丁224番地
会社

⑳ 代 理 人 弁理士 清水 久義

明 細 書

1. 発明の名称

アルミニウム基複合材料及びその製造方法
並びにピストン

2. 特許請求の範囲

- (1) A 2 純度99.0%以上の純アルミニウム材をマトリックスとし、かつ硬さHv 1000以上、熱膨張係数 $10 \times 10^{-8}/^{\circ}\text{C}$ 以下、平均粒子径 $3 \sim 0.1 \mu\text{m}$ のセラミックス粒子を分散強化粒子として、該分散強化粒子が体積率Vf 5~20%の割合でマトリックス中に均一分散されてなることを特徴とする、アルミニウム基複合材料。
- (2) マトリックスのA 2 純度が99.5%以上であり、かつ分散強化粒子が硬さHv 1500以上、熱膨張係数 $8 \times 10^{-8}/^{\circ}\text{C}$ 以下、平均粒子径 $1 \sim 0.3 \mu\text{m}$ であり、強化粒子の分散体積率がVf 10~18%である請求項(1)に記載のアルミニウム基複合材料。
- (3) マトリックスとしての純アルミニウム粉

末と、強化粒子としてのセラミックス粒子とを混合し、ボールミル処理法によって複合粉末としたのち、該複合粉末を所定形状に熱間成形することを特徴とする請求項(1)または(2)に記載のアルミニウム基複合材料の製造方法。

- (4) 請求項(1)または(2)に記載の複合材料からなるピストン。

3. 発明の詳細な説明

産業上の利用分野

この発明は、車輛用のエンジン部品、特にピストンに使用されるアルミニウムベースの複合材料、即ちアルミニウムをマトリックスとして該マトリックス中に分散強化粒子が均一分散された分散強化型のピストン用アルミニウム基複合材料及びその製造方法、並びに該複合材料を用いた内燃機関用ピストンに関する。

従来の技術と課題

内燃機関用ピストンは、150~400℃の高温下において物理的に苛酷な条件で使用され

る部品であるところから、その材料は耐熱強度、
 靱性、耐摩耗性のいずれにも優れ、かつ低熱膨
 張率のものであることが要請される。

一方において、ピストンは高速で往復運動す
 るため慣性力が大きくなる。従って振動を少な
 くし、機関の出力を高め応答性を向上するため
 には、可及的軽量であることが望まれる。

このような要請に対処するための軽量のピス
 トン材料として、従来最も一般的にはAC8A、
 AC8B等のAl-Si-Cu-Mg-Ni系
 のLo-ExAl合金が知られている。

しかしながら、上記のようなLo-Ex系アル
 ミニウム合金は、高温強度の面で今1つ不充
 分である。たとえば引張り強度として200℃
 で17kgf/cm²、300℃で7kgf/cm²程度の
 強度しか有しないため、充分に満足すべきピス
 トンの薄肉化、軽量化を達成することができな
 かった。もとより、他の要求特性である耐摩耗
 性、靱性、低熱膨張率等の点でも更なる改善が
 望まれるところであった。

つ硬さHv1000以上、熱膨張係数 $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下、平均粒子径 $3 \sim 0.1 \mu\text{m}$ のセラ
 ミックス粒子を分散強化粒子として、該分散
 強化粒子が体積率Vf5~20%の割合でマト
 リックス中に均一分散されてなることを特徴と
 する、アルミニウム基複合材料を基本的な要旨
 とする。

更に好ましい条件を列挙すれば、マトリックス
 とするアルミニウム材の純度は99.5%以
 上であり、強化粒子の硬さはHv1500以上、
 同熱膨張係数 $8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下、平均粒子径
 $1 \sim 0.3 \mu\text{m}$ の範囲である。また、強化粒子
 の分散体積率Vfは10~18%の範囲である。

この発明による複合材の製造は、良く知られ
 ている粉末冶金学的手法によるが、強化粒子の
 均一分散性を向上する目的から、マトリックス
 Al粉末と強化粒子粉末とを混合し、ボールミ
 ル処理によって上記マトリックス材料と強化粒
 子との間に強い結合を有する複合粉末をつくり、
 この複合粉末を熱間成形して所定の成形体を得

この発明は、上記のような技術的背景のもと、
 従来のLo-ExAl合金よりも更に一層前記
 の要求諸特性に対して高い満足度を得ることが
 できる特にピストン用のアルミニウム基複合材
 料と、その製造方法、及び該複合材料によって
 製造されたピストンを提供することを目的とし
 てなされたものである。

課題を解決するための手段

上記の目的において、本発明者らは、種々実
 験と研究の結果、粒子分散強化型のアルミニウ
 ム基複合材料において、マトリックスとして用
 いるアルミニウム粉末のAl純度、強化粒子と
 して用いるセラミックス粒子の硬さ、熱膨張係
 数、粒子径、及び分散含有量の特定範囲の組合
 わせによって、前記従来合金にもまして卓越し
 た耐熱強度、靱性、耐摩耗性、低熱膨張率の諸
 特性を得ることができることを見出し、この発
 明を完成した。

而して、この発明は、Al純度99.0%以
 上の純アルミニウム材をマトリックスとし、か

るものとする手法が好適に採用しうる。上記の
 成形には、脱ガス処理、熱間圧粉処理による固
 化ピレットの作成、そしてこのピレットの押出
 材からの鍛造、さらには粉末鍛造等の粉末冶金
 の通常の工程を包含する。ピストンは、上記に
 より得られる成形体に更に鍛造、切削、研摩等
 の所要の二次加工を施して製作される。

次に、この発明における構成要件の各限定理
 由について説明する。

マトリックスとするアルミニウム材の純度が
 99.0%以上、特に好ましくは99.5%以
 上に限定されるのは、次の理由による。即ち、
 一般にアルミニウム材の耐熱強度をあげるため
 には、それを合金化する手法を採るのが一般的
 であるが、これに対し粒子分散型の複合材の場
 合の耐熱強度を決定する強化機構は、アルミニ
 ウマトリックス中に均一に分散されるセラミッ
 クス強化粒子及び微細なアルミニウムの炭化物、
 炭化物と、高密度の転位との相互作用である。
 即ち、分散強化粒子は高温下でもマトリックス

中で安定であるため、転位のピン止め効果を高温まで持続し、温度が上がっても強度低下を防ぎうることに依っている。ところが合金元素は、ピストンが150~400℃の高温にさらされることも相俟って時間とともに析出粗大化し、転位のピン止め効果による強度の保持に寄与しなくなるため、添加することに格別意味がない。むしろ逆に、晶出物、析出物を形成し、靱性を低下させるという有害性の方が増大する。従って、耐熱強度と靱性を両立させなければならぬピストン用の複合材料としては、高純度のアルミニウム材を用いることの方が有利であり、靱性の低下の不利益を回避するために少なくともAl純度99.0%以上の純アルミニウムを用いることを必要とするものである。最も好ましくは純度99.5%以上のものを用いるべきであるが、99.9%をこえる高純度のものを用いても、さほどの効果の増大は望めず、むしろ材料コストの増大の不利益の方が大きくなるから、それ以下の純度のものゝ使用で必要かつ

充分である。

強化粒子として用いるセラミックスの硬さ、熱膨張係数、粒度、及びその分散量は複合材の耐摩耗性と熱膨張係数を制御する重大な要素となる。セラミックス粒子の硬さがHv 1000未満では複合材料の耐摩耗性が劣るものとなる。特に好ましくは硬さHv 1500以上のものが良い。また、熱膨張係数が $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ をこえて大きいものでは、複合材料の熱膨張係数も大きいものとなり、摩耗、焼き付き等の不具合のためにピストン材として不適当なものとなる。最も好ましくは熱膨張係数が $8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下のものである。上記の硬さ及び熱膨張係数の要請の点から、セラミックス粒子の種類としてはAl₂O₃、SiC等が最適に使用でき、TiO₂、ZrO₂等も好適であるが、MgOは硬さが不足し、かつ熱膨張係数も高いため使用に好適しない。

セラミックス粒子の粒度は、平均粒径が3μmをこえて大きすぎると複合材料の靱性が低下

する。逆に0.1μm未満の小さすぎるものでは耐摩耗性が劣化する。従って、靱性、耐摩耗性の両者を満足させるためには平均粒径3~0.1μmの範囲のものを用いるべきであり、最も好ましくは1~0.3μmの範囲のものを用いるのが良い。

セラミックス粒子の分散含有量は、体積率においてVf 5~20%の範囲とすることが必要である。体積率が5%未満では複合材の耐摩耗性が悪くなり、かつ耐熱強度の十分な増大効果を望めない。また20%をこえて多い場合は複合材の靱性の低下をもたらす。最も好ましくは10~18%程度の範囲とするのが好適である。

実施例

実施例1

この実施例は、マトリックスとするアルミニウム材のAl純度と複合材の強度及び靱性との関係を調べたものである。

而して、純度を種々異にした平均粒径40μmのアトマイズ法によるアルミニウム粉末と、

分散強化用のセラミックス粒子としてのAl₂O₃粒子(平均粒径0.5μm)とを、セラミックス粒子の体積率Vf:15%、全重量1kgに秤量し、ミキサーで2000rpm×4分間予備混合した。

そして、この混合物に、Arガス雰囲気中で3/8"スチールボール30kgを用いたボールミルにより、280rpm×5時間のボールミル処理を施して複合粉を製造した。このボールミル処理工程において焼付防止剤としてエタノール30ccを添加した。

次に、上記によって得た複合粉をArガス雰囲気中でAl型圧粉容器に充填し、 3×10^{-3} torr×5時間の真空脱ガス処理を行ったのち、熱間プレス機により500℃×7000kgf/cm²の条件で圧粉成形を行い、得られたピレットを押出比10:1、押出温度450℃で押出し成形し、丸棒形状の各種のアルミニウム基複合材料を得た。

そして、これらの各種複合材料につき、室温

及び300℃で1000時間保持後の引張り強度を測定すると共に、シャルピー衝撃値(室温、ノッチ無し)を測定し、現行材としてのAC8A-T5金型鋳造材のそれと比較した。その結果を第1表に示す。なお、マトリックスのA6061、2014材の調質はいずれもT4とした。

第1表：マトリックスのAl純度と複合材の強度及び靱性

マトリックス	σ_B R.T. (Kg f/cm ²)	σ_B 300℃ (Kg f/cm ²)	シャルピー衝撃値 R.T. (Kg f・m/cm ²)
99.99%A ₂	47.5	31.4	4.4
A1050 (99.5%A ₂)	48.4	31.2	4.3
A1100 (99.0%A ₂)	50.2	31.5	3.9
A3003 (97.1%A ₂)	53.1	31.8	3.0
A6061 (96.8%A ₂)	59.4	31.1	1.2
A2014 (91.6%A ₂)	62.6	31.3	0.9
現行材 (AC8A-T5)	27.3	7.2	3.8

そして、この各種複合材の比摩耗量を測定し、現行材AC8A-T5金型鋳造材のそれと比較した。耐摩耗試験は、大越式乾式摩耗試験機により、相手材：F C 3'0、摩擦速度：1.99 m/s、摩擦距離：600 m、最終荷重：2.1 Kgの条件で測定した。結果を第2表に示す。

第2表：分散セラミックスの種類と複合材の耐摩耗性

分散セラミックス	セラミックスの硬さ (Hv)	複合材の比摩耗量 (cm ³ /Kg)
MgO	600	42×10^{-7}
TiO ₂	1000	33×10^{-7}
ZrO ₂	1500	27×10^{-7}
Al ₂ O ₃	2500	25×10^{-7}
SiC	3000	25×10^{-7}
現行材 (AC8A-T5)		35×10^{-7}

第1表に示される結果から、定量的には現行のAC8A-T5金型鋳造材より以上の靱性(シャルピー衝撃値で評価)が得られるのは、マトリックスとしてのアルミニウム材にAl純度99.0%以上のものを用いた場合であり、特に99.5%以上であることが好ましく、99.99%の高純度のものを用いても99.5%との間で差異が小さく格別意味がないことが判る。

実施例2

この実施例は、分散セラミック粒子の種類、特にその硬さと複合材の耐摩耗性との関係調べたものである。

マトリックス・アルミニウム粒子としてはA1050(純度99.5%、平均粒径40 μ m)を用い、強化材としての分散セラミックス粒子(平均粒径0.5 μ m)に各種のものを用いて、該セラミックス粒子の分散量を体積率Vf:15%の一定として、前記実施例1と同様の製法により各種の複合材を得た。

第2表の結果より、現行材AC8A-T5材と同等以上の耐摩耗性を得るためには、セラミックス粒子として硬さがHv1000以上のものを用いることが必要であり、Hv1500以上ではほとんど変化がないことから、Hv1500以上のものを用いるのが好ましいことが判る。

実施例3

この実施例は、セラミックス粒子の種類、特にその熱膨張係数と複合材の熱膨張係数との関係調べたものである。

実施例2と同様の材料及び製造方法で得た各種の複合材につき、それらの熱膨張係数を測定して現行材AC8A-T5材と比較した。その結果を下記第3表に示す。

〔以下余白〕

第3表：分散セラミックスの種類と複合材の熱膨張係数

分散セラミックス	セラミックスの 熱膨張係数 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	複合材の 熱膨張係数 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)
MgO	13	22
TiO ₂	10	20
ZrO ₂	8	19
Al ₂ O ₃	7	19
SiC	4	17
現行材 (AC8A-T5)		20

上記第3表により、現行材AC8A-T5材と同等以下の熱膨張係数のものを得るためには、セラミックス粒子としてもその熱膨張係数が $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下のもを用いることが必要であり、従って、ZrO₂、TiO₂、Al₂O₃、SiC等のセラミック粒子を用いるが、なかでも熱膨張係数が $8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下のもを用いるのが好適であり、TiO₂、Al₂O₃、SiCが好適性を示すことが分かる。

第4表：分散セラミックス粒子径の変化と複合材の
靱性及び耐摩耗性

分散セラミックス 平均粒子径 (μm)	シャルピー衝撃値 ($\text{Kgf} \cdot \text{m}/\text{cm}$)	比 摩 耗 量 (mg/Kg) $\times 10^{-7}$
5	2.8	17
3	3.6	18
1	3.8	20
0.8	4.0	23
0.5	4.3	25
0.3	4.4	31
0.1	4.4	35
0.05	4.5	51
現行材 (AC8A-T5)	3.6	35

上記第4表に示されるように、現行AC8A-T5材よりも靱性及び耐摩耗性が劣らないセラミックス粒子の粒子径範囲は、3~0.1 μm であり、好ましくは1~0.3 μm であることが分かる。

実施例4

この実施例は、分散セラミックス粒子の粒子径と複合材の靱性及び耐摩耗性を調べたものである。

マトリックス：A1050（粒径40 μm ）、セラミックス粒子：Al₂O₃ セラミックス粒子の分散体積率Vf15%とし、セラミックス粒子の平均粒子径を0.1~5 μm の範囲で各種に変えたものを用いて、前記実施例1と同様の製法により各種の複合材を製造した。

そして、この各種複合材につき、シャルピー衝撃値（室温、ノッチ無し）、耐摩耗性を測定して現行材AC8A-T5によるものと比較した。耐摩耗性試験は実施例2による場合と同様の条件で行った。結果を第4表に示す。

〔以下余白〕

実施例5

この実施例はセラミックス粒子の分散体積率Vfの変化と複合材の耐摩耗性、靱性、耐熱強度との関係を調べたものである。

分散セラミックス粒子の体積率Vfを0~25%の範囲で各種に変えたほかは、実施例4と同様の材料及び製造方法をもって各種の複合材を製造した。

そして、それらの各種複合材について、耐摩耗性、引張り強度（300℃に1000時間保持後）、シャルピー衝撃値（室温、ノッチ無し）を測定し、現行材と比較した。結果を第5表に示す。

〔以下余白〕

第5表：分散セラミックスVfが変化した場合の複合材の耐摩耗性、耐熱強度及び靱性

分散セラミックス Vf (%)	比摩耗量 (ml/Kg) $\times 10^{-7}$	σ_B 800℃ (Kg f/cm^2)	シャルピー衝撃値 ($\text{Kg f}\cdot\text{m/cm}^2$)
0	63	19.3	5.1
5	35	23.3	4.5
8	32	25.6	4.4
10	27	26.7	4.4
15	25	31.2	4.3
18	22	32.0	4.1
20	20	33.1	3.6
25	15	36.2	2.1
現行材 (AC8A-T5)	35	7.2	3.6

上記第5表により、現行材以上の耐摩耗性を付与するためにはセラミックス粒子の分散体積率5%以上が必要であり、また同じく現行材以

れば、耐熱強度、靱性、熱膨張係数、耐摩耗性において、従来汎用のAC8A材に比べ総合的に卓越した諸特性を有する複合材を提供することができ、苛酷な条件下で使用される機械部品の用途に好適し、その大幅な軽量化の達成を可能とする。

また、請求項(4)に記載のピストンは、前記実施例5のように従来のAC8A合金製のものに比べて顕著な軽量化を実現できるところから、内燃機関の特性改善、特に騒音低下、出力向上、振動低下に貢献を果しうる。

4. 図面の簡単な説明：

第1図はこの発明の実施例による内燃機関用ピストンの正面図である。

(A) …ピストン。

以上

特許出願人 昭和アルミニウム株式会社
代理人 弁理士 清水久義

上の靱性を得るためには同体積率を20%以下とすべきことが分かる。現行材を超えて特に良好な結果を得るためには、上記体積率は10～18%程度の範囲とするのが好適である。

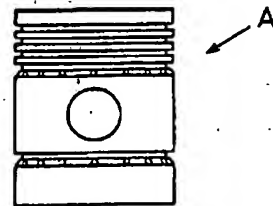
実施例6

マトリックスとして平均粒径40 μm のA1050アトマイズ粉末を用い、分散セラミックスとして平均粒径0.5 μm のA AlO_3 粒子を用い、その分散体積率を15%として実施例1と同様の製造方法で得た複合材により、添附第1図に示す形状の内燃機関用ピストン(A)を製作した。

該ピストンは、その材料とする複合材が前記実施例4のVf15%の欄に示した物性を有するところから、現行材のAC8A-T5金型鋳造材を以て製作したピストンに比較して、薄肉化により50%を超える軽量化を達成することができた。

発明の効果

請求項(1)～(3)に記載のこの発明によ



第1図